

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-77413  
(P2000-77413A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 21/3205

識別記号

F I

H 0 1 L 21/88

テーマコード\* (参考)

K 5 F 0 3 3

M

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-248451

(22) 出願日 平成10年9月2日 (1998.9.2)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 井口 学

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100070219

弁理士 若林 忠 (外4名)

Fターム(参考) 5F033 AA02 AA04 AA64 AA66 AA67

BA12 BA15 BA17 BA25 BA41

BA43 BA45 EA22 EA25 EA26

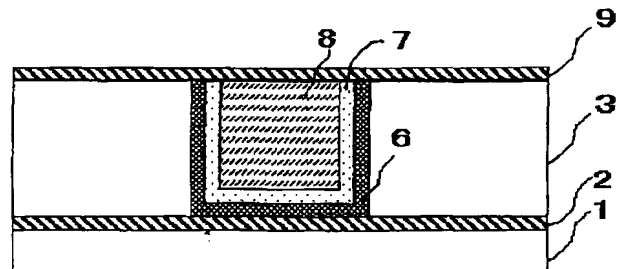
EA28 EA29 EA32 FA03

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 溝埋込銅配線のエレクトロマイグレーション耐性が向上した半導体装置を提供する。

【解決手段】 溝埋込銅配線において、バリアメタルを積層金属膜とし、銅配線と接触するバリアメタル層を銅配線と良好な密着性を有する金属層とし、配線間絶縁膜と接触するバリアメタル層を銅の拡散を防止できる拡散防止層とする。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 溝埋込金属配線において、バリアメタルが積層金属膜であり、配線金属と接触するバリアメタル層が配線金属と良好な密着性を有する金属層であり、配線間絶縁膜と接触するバリアメタル層が拡散防止層であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 溝埋込銅配線において、バリアメタルが積層金属膜であり、銅配線と接触するバリアメタル層が銅配線と良好な密着性を有する金属層であり、配線間絶縁膜と接触するバリアメタル層が銅の拡散を防止できる拡散防止層であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 銅配線と接触するバリアメタル層が、アルミニウム又は AlCu を含んでなることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置。

【請求項 4】 配線間絶縁膜と接触するバリアメタル層が窒化チタンを含んでなることを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置。

【請求項 5】 配線間絶縁膜材料が、酸化シリコン、SiO<sub>2</sub>、HSQ、フッ素添加アモルファスカーボン、バリレンのいずれかを含んでなることを特徴とする請求項 4 記載の半導体装置。

【請求項 6】 基板上に第 1 の絶縁膜を形成した後に第 2 の絶縁膜を形成する工程、第 1 の絶縁膜をエッチングストップ膜として第 2 の絶縁膜に配線溝を形成する工程、配線溝内部を含む領域上に第 1 のバリアメタル膜として銅の拡散防止膜を形成し、その上に第 2 のバリアメタル膜として銅と良好な密着性を有する金属膜を形成する工程、配線溝を埋め込むように銅を堆積する工程、CMP によって第 2 の絶縁膜表面が見えるまで、銅、第 1 のバリアメタル膜および第 2 のバリアメタル膜を除去する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 基板上に第 1 の絶縁膜を形成した後に低誘電率材料からなる第 2 の絶縁膜を形成し、その上に第 3 の絶縁膜を形成する工程、第 1 の絶縁膜をエッチングストップ膜として第 2 及び第 3 の絶縁膜に配線溝を形成する工程、配線溝内部を含む領域上に第 1 のバリアメタル膜として銅の拡散防止膜を形成し、その上に第 2 のバリアメタル膜として銅と良好な密着性を有する金属膜を形成する工程、配線溝を埋め込むように銅を堆積する工程、CMP によって第 3 の絶縁膜をストップ膜としてその表面が見えるまで、銅、第 1 のバリアメタル膜および第 2 のバリアメタル膜を除去する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、埋め込み金属配線構造を有する半導体装置およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、LSI の高性能化のためにデバ

## 2

スの微細化が進められている。しかし、配線の微細化に伴い配線抵抗が増大し、従来の AlCu 配線ではエレクトロマイグレーション耐性が不十分になってきている。また、配線抵抗の増大はデバイススピードを制限する主要因でもある。以上の点から、次世代の配線として AlCu 配線よりも低抵抗で、エレクトロマイグレーション耐性も勝るといわれる銅配線が注目されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、銅配線を用いれば必ずエレクトロマイグレーション耐性が向上する訳ではなく、その性能は形成プロセスおよび材料の選択に大きく依存する。例えば、銅埋設配線のバリアメタルとしては窒化チタンが知られているが、窒化チタンと銅の密着性は必ずしも良好ではないためエレクトロマイグレーション耐性は劣化し、銅本来の性能を十分に引き出すことができない。バリアメタルと銅の密着性の向上が高エレクトロマイグレーション耐性の実現には重要である。

【0004】そこで本発明の目的は、溝埋込銅配線構造においてバリアメタルを積層金属膜にすることで、銅配線のエレクトロマイグレーション耐性が向上した半導体装置を提供することである。また、この半導体装置の製造方法を提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、溝埋込金属配線において、バリアメタルが積層金属膜であり、配線金属と接触するバリアメタル層が配線金属と良好な密着性を有する金属層であり、配線間絶縁膜と接触するバリアメタル層が拡散防止層であることを特徴とする半導体装置に関する。

【0006】また本発明は、溝埋込銅配線において、バリアメタルが積層金属膜であり、銅配線と接触するバリアメタル層が銅配線と良好な密着性を有する金属層であり、配線間絶縁膜と接触するバリアメタル層が銅の拡散を防止できる拡散防止層であることを特徴とする半導体装置に関する。

【0007】また本発明は、基板上に第 1 の絶縁膜を形成した後に第 2 の絶縁膜を形成する工程、第 1 の絶縁膜をエッチングストップ膜として第 2 の絶縁膜に配線溝を形成する工程、配線溝内部を含む領域上に第 1 のバリアメタル膜として銅の拡散防止膜を形成し、その上に第 2 のバリアメタル膜として銅と良好な密着性を有する金属膜を形成する工程、配線溝を埋め込むように銅を堆積する工程、CMP によって第 2 の絶縁膜表面が見えるまで、銅、第 1 のバリアメタル膜および第 2 のバリアメタル膜を除去する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法に関する。

【0008】また本発明は、基板上に第 1 の絶縁膜を形成した後に低誘電率材料からなる第 2 の絶縁膜を形成し、その上に第 3 の絶縁膜を形成する工程、第 1 の絶縁

## 3

膜をエッチングストップ膜として第2及び第3の絶縁膜に配線溝を形成する工程、配線溝内部を含む領域上に第1のバリア金属膜として銅の拡散防止膜を形成し、その上に第2のバリア金属膜として銅と良好な密着性を有する金属膜を形成する工程、配線溝を埋め込むように銅を堆積する工程、CMPによって第3の絶縁膜をストップ膜としてその表面が見えるまで、銅、第1のバリア金属膜および第2のバリア金属膜を除去する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法に関する。

## 【0009】

## 【発明の実施の形態】第1の実施の形態

本発明の第1の実施の形態の構造を図1に示す。本実施の形態の構造は、シリコン基板1上に、配線溝をドライエッチングにより形成する際のストップ膜としての第1の層間絶縁膜2、その上に配線間絶縁膜3が形成されている。この配線間絶縁膜3には配線溝が形成され、この配線溝内に、第1のバリア金属6、第2のバリア金属7が形成され、次いで銅が埋め込まれて銅配線8が形成されている。この第1のバリア金属6は配線間絶縁膜3への銅の拡散を防ぐバリア膜（拡散防止膜）であり、第2のバリア金属7は銅配線8と良好な密着性を有するバリア膜である。

【0010】さらに、第2の層間絶縁膜9を形成し、上記と同様にして上層配線構造が構成される。この第2の層間絶縁膜9は、上層配線構造の配線間絶縁膜への銅の拡散を防ぎ、また上層配線構造の形成の際、配線溝のドライエッチングにおけるストップ膜として機能する。以上の構造を繰り返すことで多層配線構造が形成される。

【0011】本実施の形態の構造は、配線間絶縁膜3が、銅配線の形成に用いるCMP処理に対して十分な機械的強度を持つ材料、例えば酸化シリコン膜からなる場合に好適である。

【0012】また、第1の層間絶縁膜2および第2の層間絶縁膜9は、配線溝のドライエッチングにおいて配線間絶縁膜3と高選択比がとれる材料からなり、なおかつ第2の層間絶縁膜9については銅配線8からの銅拡散を防ぐことが可能な材料からなることが必要である。具体的には窒化シリコン膜が望ましい。

【0013】また、第1のバリア金属6は、銅の拡散を防止できる金属からなり、例えば窒化チタンが挙げられる。第2のバリア金属7としては、銅配線8と良好な密着性を有する金属からなることが必要であり、さらに第1のバリア金属6に対しても良好な密着性を有する金属からなることが好ましい。例えば、アルミニウムやAlCuなどが望ましい。

【0014】以上の構造により、銅配線8と第1のバリア金属6の密着性が向上し銅原子が移動しにくくなるために、高エレクトロマイグレーション耐性をもった銅配線を実現することができる。

## 4

【0015】本実施の形態の半導体装置は、図2及び図3に示す方法によって製造される。

【0016】まず、図2(a)に示すように、半導体素子と平坦化された層間絶縁膜（図示せず）が形成されたシリコン基板1上に、第1の層間絶縁膜2を500Å～1000Åの膜厚に成膜し、続いて配線間絶縁膜3を成膜する。配線間絶縁膜3の膜厚は以降に形成する銅配線8の膜厚に相当し、3000Å～5000Åが適当である。

【0017】次に、図2(b)に示すように、従来のリソグラフィ技術を用いて任意の配線溝をパターンニングしたレジスト膜4を形成する。配線溝5の幅（配線幅）は適宜設定される。

【0018】次に、ドライエッチング技術を用いて配線間絶縁膜3をエッチングし、配線溝5を形成する。このとき、配線間絶縁膜3のエッチングレートに比べて第1の層間絶縁膜2のエッチングレートが十分に低い条件を用いることにより、配線溝の幅によらない様な深さを持つ配線溝を形成することが可能である。溝エッチング後に、酸素プラズマアッシングを加えてレジスト膜4を除去し、図2(c)に示す構造が実現される。

【0019】次に、図3(d)に示すように、積層のバリア金属を成膜する。まず、銅拡散に対して十分なバリア性を有する金属を第1のバリア金属6として200Å～500Åの膜厚でスパッタし、続いて銅および第1のバリア金属6の両方に対して良好な密着性を有する金属を第2のバリア金属7として200Å～500Åの膜厚でスパッタする。

【0020】次に、図3(e)に示すように、配線溝5に銅配線8を埋設する。銅の埋設方法にはスパッタ＋リフロー法、MO-CVD法、メッキ法などがあり、適宜選択される。

【0021】次に、図3(f)に示すように、配線間絶縁膜3の表面に存在する余剰な銅配線、および第1のバリア金属6と第2のバリア金属7をCMP（化学的機械的研磨法）によって除去する。

【0022】最後に、図3(g)に示すように、第2の層間絶縁膜9を配線間絶縁膜3および銅配線8上に500Å～1000Åの膜厚で成膜する。

## 【0023】第2の実施の形態

本発明の第2の実施の形態の構造を図4に示す。本実施の形態の構造は、シリコン基板1上に、配線溝をドライエッチングにより形成する際のストップ膜としての第1の層間絶縁膜2、その上に配線間絶縁膜3とキャップ絶縁膜10が積層されている。キャップ絶縁膜10が積層された配線間絶縁膜3には配線溝が形成され、この配線溝内に、第1のバリア金属6、第2のバリア金属7が形成され、次いで銅が埋め込まれて銅配線8が形成されている。この第1のバリア金属6は配線間絶縁膜3への銅の拡散を防ぐバリア膜（拡散防止膜）であり、第2のバリア金属7は銅配線8と良好な密着性を有する

バリア膜である。

【0024】さらに、第2の層間絶縁膜9を形成し、上記と同様にして上層配線構造が形成される。この第2の層間絶縁膜9は、上層配線構造の配線間絶縁膜への銅の拡散を防ぎ、また上層配線構造の形成の際、配線溝のドライエッチングにおけるストッパ膜として機能する。以上の構造を繰り返すことで多層配線構造が形成される。

【0025】本実施の形態の構造は、配線間絶縁膜3が、比較的機械的強度の低い材料、例えば低誘電率材料からなる場合に好適である。低誘電率材料としては、無機材料系ではSiOFやHSQ (Hydrogen Silsesquioxane)、有機材料系ではパリレン (Parylene) やフッ素添加アモルファスカarbonなどがある。

【0026】これらの材料は、一般に膜強度が弱いために配線金属のCMP処理においてエンドポイント検出が困難であり、さらに膜剥がれが起きる虞もある。そこで、このような低誘電率膜を、十分な機械的強度を持つシリコン含有絶縁膜などのキャップ絶縁膜10で保護している。キャップ絶縁膜としては、シリコン酸化膜 (SiO<sub>2</sub>)、シリコン窒化膜 (SiN)、酸素含有シリコン窒化膜 (SiON) などが挙げられる。

【0027】また、第1の層間絶縁膜2および第2の層間絶縁膜9は、配線溝のドライエッチングにおいて配線間絶縁膜3と高選択比がとれる材料からなり、なおかつ第2の層間絶縁膜9については銅配線8からの銅拡散を防ぐことが可能な材料からなることが必要である。具体的には窒化シリコン膜が望ましい。

【0028】また、第1のバリアメタル6は、銅の拡散を防止できる金属からなり、例えば窒化チタンが挙げられる。第2のバリアメタル7としては、銅配線8と良好な密着性を有する金属からなることが必要であり、さらに第1のバリアメタル6に対しても良好な密着性を有する金属からなることが好ましい。例えば、アルミニウムやAlCuなどが望ましい。

【0029】以上の構造により、銅配線8と第1のバリアメタル6の密着性が向上し銅原子が移動しにくくなるために、高エレクトロマイグレーション耐性をもった銅配線を実現することができる。

【0030】本実施の形態の半導体装置は、図5及び図6に示す方法によって製造される。

【0031】まず、図5(a)に示すように、半導体素子と平坦化された層間絶縁膜(図示せず)が形成されたシリコン基板1上に、第1の層間絶縁膜2を500Å~1000Åの膜厚に成膜し、続いて低誘電率材料からなる配線間絶縁膜3とキャップ絶縁膜10を成膜する。配線間絶縁膜3の膜厚は3000Å~5000Å、キャップ絶縁膜10の膜厚は500Å~1500Åが適当である。配線間絶縁膜3とキャップ絶縁膜10の膜厚の合計が以降に形成する銅配線8の膜厚となる。

【0032】次に、図5(b)に示すように、従来のリ

ソグラフィ技術を用いて任意の配線溝をパターンニングしたレジスト膜4を形成する。配線溝5の幅(配線幅)は適宜設定される。

【0033】次に、ドライエッチング技術を用いて配線間絶縁膜3をエッチングし、配線溝5を形成する。このとき、配線間絶縁膜3のエッチングレートに比べて第1の層間絶縁膜2のエッチングレートが十分に低い条件を用いることにより、配線溝の幅によらない様な深さを持つ配線溝を形成することが可能である。溝エッチング後に、レジスト膜4を除去し、図5(c)に示す構造が実現される。

【0034】次に、図6(d)に示すように、積層のバリアメタルを成膜する。まず、銅拡散に対して十分なバリア性を有する金属を第1のバリアメタル6として200Å~500Åの膜厚でスパッタし、続いて銅および第1のバリアメタル6の両方に対して良好な密着性を有する金属を第2のバリアメタル7として200Å~500Åの膜厚でスパッタする。

【0035】次に、図6(e)に示すように、配線溝5に銅配線8を埋設する。銅の埋設方法にはスパッタリフロー法、MO-CVD法、メッキ法などがある。但し、低誘電率膜は一般に耐熱性が低く、耐熱温度を超える熱処理を加えると分解する虞があるため、比較的低温での処理が可能な方法を用いることが好ましい。

【0036】次に、図6(f)に示すように、キャップ絶縁膜10の表面に存在する余剰な銅配線、および第1のバリアメタル6と第2のバリアメタル7をCMP法によって除去する。このとき、キャップ絶縁膜10はCMPのストッパ膜として働く。

【0037】最後に、図6(g)に示すように、第2の層間絶縁膜9を配線間絶縁膜3および銅配線8上に500Å~1000Åの膜厚で成膜する。

【0038】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明によれば、銅配線とバリアメタルの密着性が向上し、銅原子が移動しにくくなるために、高エレクトロマイグレーション耐性をもった銅配線を実現することができる。その結果、デバイススピードが速く高性能であり且つ信頼性が高い微細構造の半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体装置の一実施形態の概略断面図である。

【図2】本発明の半導体装置の概略工程断面図である。

【図3】本発明の半導体装置の概略工程断面図である。

【図4】本発明の半導体装置の他の実施形態の概略断面図である。

【図5】本発明の半導体装置の概略工程断面図である。

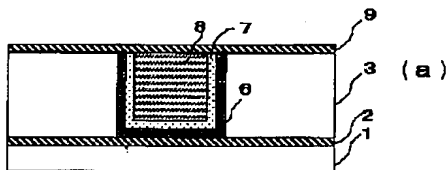
【図6】本発明の半導体装置の概略工程断面図である。

【符号の説明】

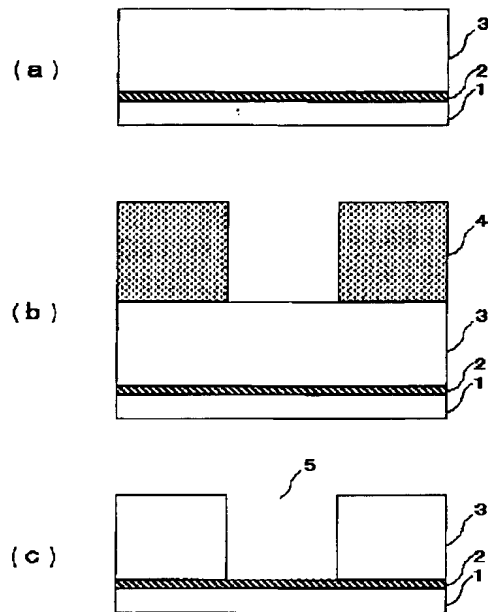
- 1 シリコン基板
- 2 第1の層間絶縁膜
- 3 配線間絶縁膜
- 4 レジスト膜
- 5 配線溝

- 6 第1のバリアメタル
- 7 第2のバリアメタル
- 8 銅配線
- 9 第2の層間絶縁膜
- 10 キャップ絶縁膜

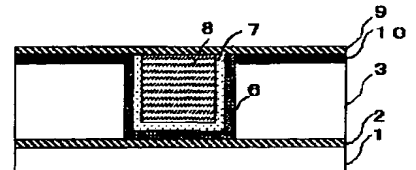
【図1】



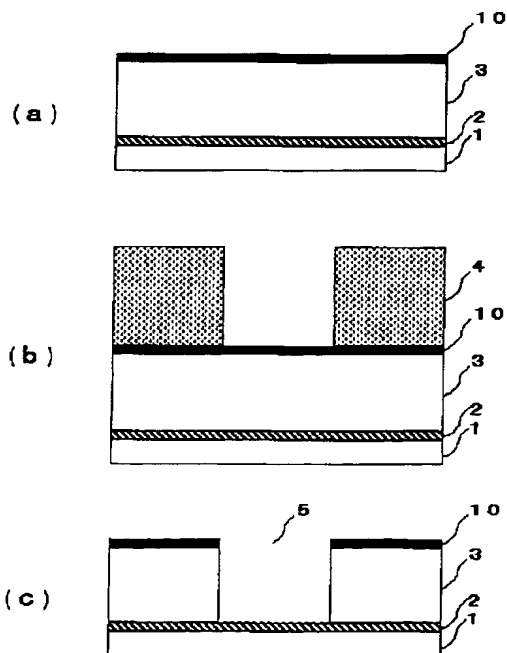
【図2】



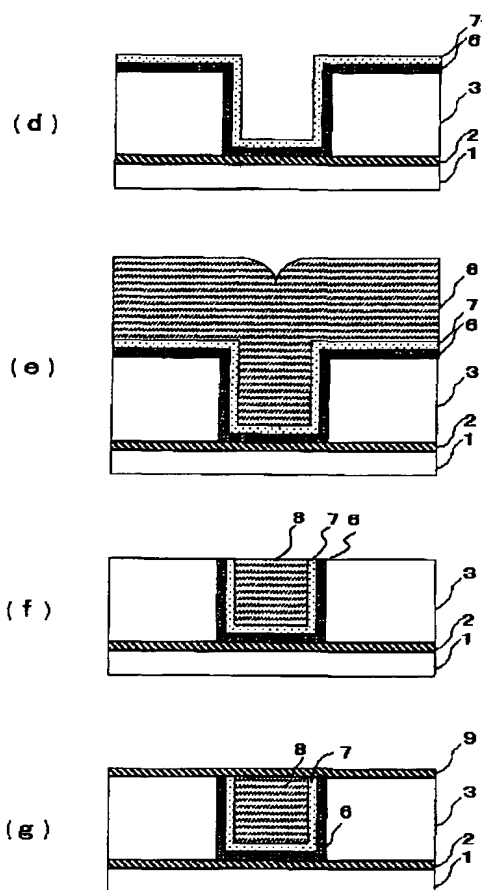
【図4】



【図5】



【図 3】



【図 6】

